

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP ARRAY INSET-FED REKTANGULAR DENGAN U-SLOT UNTUK APLIKASI RADIO OVER FIBER PADA FREKUENSI 10 GHZ

DESIGN AND REALIZATION INSET-FED RECTANGULAR MICROSTRIP ANTENNA ARRAY WITH U-SLOT FOR RADIO OVER FIBER AT 10 GHZ FREQUENCY

Rissa Rahmania¹, Heroe Wijanto², Pamungkas Daud³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung

¹rissarahmania@students.telkomuniversity.ac.id, ²heroe@telkomuniversity.ac.id,
³pamungkasdaud@gmail.com

Abstrak

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan telekomunikasi jaringan pada komunikasi nirkabel dan optik juga berkembang. Penggunaan fiber optik dengan memanfaatkan perkembangan komunikasi nirkabel dikenal sebagai *radio over fiber*. Pada jaringan tersebut dibutuhkan suatu antena untuk mendukung proses penerima menangkap gelombang radio kemudian dimodulasi dengan gelombang cahaya.

Antena pada *Radio over Fiber* dapat bekerja pada frekuensi 10 GHz dalam komunikasi WPAN. Frekuensi *wireless* yang ditangkap melalui antena kemudian dapat dimodulasi dan langsung didistribusikan melalui seutas serat optik sesuai dengan kebutuhan. Karakteristik antena yang harus dipenuhi diantaranya berukuran kecil, memiliki tingkat *matching* yang baik, hanya mengonsumsi sedikit arus listrik, dan memiliki pola radiasi *unidirectional*.

Pada Tugas Akhir ini, dengan menggunakan simulator elektromagnetik, dirancang dan disimulasikan antena mikrostrip *array inset fed* rektangular dengan U-Slot untuk aplikasi *Radio over Fiber* dalam komunikasi WPAN yang dapat digunakan secara optimal pada frekuensi 10 GHz. Hasil simulasi dengan performa optimum selanjutnya diimplementasikan dan diamati performanya pada frekuensi 10 GHz. Hasil dari perancangan dan realisasi ini adalah antena mikrostrip *array inset-fed patch* rektangular dengan U-Slot yang bekerja pada frekuensi 10 GHz dengan pola radiasi *unidirectional*; $gain \geq 3\text{dBi}$; impedansi input = 50Ω ; dan $VSWR \leq 1,5$.

Kata kunci : WPAN, *Radio over Fiber*, Antena Mikrostrip Array Inset Fed Rektangular, U-Slot.

Abstract

The increasing need for telecommunication, optical network telecommunication also developed by the functionality of radio waves with light waves in *Radio over Fiber* network. *Radio over fiber* known as technology which use optical fiber with wireless communication. This networks requires a receiver antenna to support the process of capturing radio waves, then modulated by light waves.

Antenna in *Radio over Fiber* can work at 10 GHz frequency of WPAN communication. Wireless frequency which captured by the antenna can modulated directly and distributed through an optical fiber as needed. Antenna spesification that must be fullfilled are small size, have a good level of matching, only consuming a little electrical current, and has a unidirectional radiation pattern.

In this final project, using electromagnetic simulator, designed and simulate inset-fed microstrip rectangular array antenna with U-slot for *Radio over Fiber* applications in WPAN communication that can be used optimally at a 10 GHz frequency. The result of simulate with optimum performance then implemented and observed at a 10 GHz frequency. The results of the design and realization is inset fed rectangular microstrip array antenna with U-slot that worked at 10 GHz frequency with unidirectional radiation pattern; $gain \geq 3\text{dBi}$; input impedance = 50Ω ; and $VSWR \leq 1.5$.

Keywords: WPAN, *Radio over Fiber*, Mikrostrip Array Antenna Fed Inset Rectangular, U-Slot.

1. Pendahuluan

Perkembangan komunikasi nirkabel telah menarik banyak perhatian media dan masyarakat. Perkembangan yang terus menerus berjalan mengindikasikan masa depan yang lebih baik untuk jaringan nirkabel, baik sebagai sistem yang bekerja sendiri maupun sebagai bagian dari suatu infrastruktur jaringan yang lebih besar. Selain komunikasi nirkabel, penggunaan fiber optik sebagai media transmisi dalam proses pengiriman data memberikan banyak keuntungan, diantaranya transmisi data yang cepat dan performa prima. Perkembangan komunikasi nirkabel dengan memanfaatkan penggunaan fiber optic melahirkan suatu teknologi yang disebut *radio over fiber*.

Kunci dari teknologi *radio over fiber* adalah teknik konversi antara gelombang cahaya dan gelombang mikro. Pada proses penerima ketika gelombang mikro dikonversi menjadi gelombang cahaya lebih sulit didapatkan karena daya terima sinyal yang rendah sehingga perlu menambahkan biaya instalasi amplifier. Oleh karena itu, dapat dirancang antenna yang terhubung dengan modulator optik untuk mengkonversi gelombang mikro menjadi gelombang cahaya. Antena tersebut dapat berupa antena mikrostrip dengan memanfaatkan teknologi komunikasi nirkabel WPAN. WPAN telah mengembangkan daerah frekuensi kerja untuk beroperasi pada frekuensi 10 GHz. Tugas akhir ini dimaksudkan untuk mengikuti pertumbuhan teknologi nirkabel saat ini sehingga diimplementasikan antena yang dapat menerima sinyal pada frekuensi 10 GHz. Sebuah antena yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut harus mampu mengkonsumsi daya yang rendah, mudah instalasi, fleksibel, berukuran kecil, dan murah [1].

Antena dirancang dengan metode *array* dengan u-slot untuk menghasilkan *bandwidth* yang lebar dan *gain* yang besar. Pada penelitian sebelumnya, perancangan dan implementasi antena mikrostrip *array patch* rektangular dengan u-slot digunakan pada frekuensi 2,6-2,7 GHz untuk aplikasi LTE.

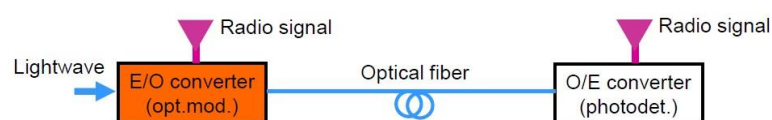
2. Wireless Personal Area Network (WPAN)

WPAN adalah jaringan tanpa kabel yang dapat menghubungkan satu perangkat dengan perangkat lain yang berdekatan dengan menggunakan *interface* seperti Bluetooth, UWB (*Ultra Wideband*) dan zigbee. WPAN ini mempunyai jangkauan yang tidak begitu luas (*short range*) namun mempunyai kelebihan yaitu mempunyai konsumsi daya rendah (*low power*), biaya rendah (*low cost*), satu jaringan mampu mendukung minimal 16 perangkat [1], serta tipe jaringan yang sederhana.

Tabel 1 Karakteristik Teknologi WPAN^[1]

Parameter	Bluetooth (IEEE 802.15.1)	UWB (IEEE 802.15.3)	Zigbee (IEEE 802.15.4)
Aplikasi	<ul style="list-style-type: none"> - Komputer dengan aksesorisnya - Komputer dengan komputer - Komputer dengan beberapa peralatan digital 	<ul style="list-style-type: none"> - Multimedia - Radar resolusi tinggi - Sensor jaringan nirkabel - Sistem lokasi radio 	<ul style="list-style-type: none"> - Komplek perumahan - Komplek industri - Aplikasi medis - Gedung-gedung yang berdekatan
Band Frekuensi	2,4 – 2,48 GHz	3,1 – 10,6 GHz	868 MHz 902 – 928 MHz 2,4 – 2,48 GHz
Bandwidth	1 MHz	500 MHz	2 MHz
Jangkauan	≤ 10 meter	≤ 10 meter	≤ 100 meter
Laju Data Maksimal	3 Mbps	1 Gbps	20 Kbps 40 Kbps 250 Kbps
Modulasi	GFSK, 2PSK, 8PSK	QPSK, BPSK	BPSK (868/928 MHz) QPSK (2,4 GHz)

Telah banyak diketahui bahwa keuntungan dari fiber optik sebagai media transmisi dengan *low loss*, *lightweight*, karakteristik *bandwidth* yang lebar, dan ukuran kecil. Namun, biaya instalasi yang cukup besar dan kondisi penempatan kabel menjadi kelemahan fiber optik jika jarak penerima dan pengirim cukup jauh. Sehingga teknologi ROF ini ideal dan menjadi solusi paling fleksibel untuk mendapatkan efisiensi dan pengiriman sinyal radio dengan meletakkan antena untuk jarak yang jauh [2].

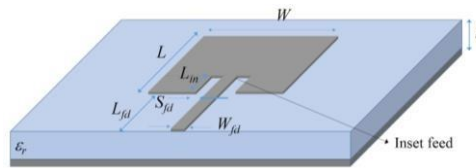


Gambar 1 Struktur Sistem Radio Over Fiber^[3]

3. Antena Mikrostrip

Antena adalah perangkat yang sangat bergantung dengan frekuensi tertentu. Setiap antena dirancang untuk kebutuhan frekuensi tertentu [4]. Dalam suatu perancangan antena yang harus diperhatikan diantaranya, bentuk dan arah radiasi, polarisasi, frekuensi kerja, *bandwidth*, *gain*, dan impedansi input [5]. Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang tersusun atas tiga elemen yaitu, elem peradiasi (*patch*), elemen substrat (*substrate*), dan elemen

pentanahan (*ground plane*). *Patch* antenna yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *patch* rektanguler dengan inset-fed seperti pada Gambar 1.



Gambar 2 Struktur Antena Mikrostrip Patch Rektanguler dengan Inset-Fed^[6]

Antena mikrostrip ternyata juga memiliki kekurangan, diantaranya memiliki *bandwidth* yang sempit, memiliki *gain* yang kecil, serta memiliki efisiensi daya yang rendah. Oleh karena itu, perlu beberapa pertimbangan dalam mengatasi hal tersebut. Pada tugas akhir ini dirancang u-slot untuk meningkatkan *bandwidth* dan *gain* agar sesuai dengan kebutuhan spesifikasi.

3.1. Dimensi Antena Mikrostrip Patch Rektanguler^[5]

Untuk mencari dimensi antena microstrip (dan), harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan yaitu tebal dielektrik (), konstanta dielektrik (). Perhitungan lebar *patch* dapat ditentukan dengan persamaan,

$$\sqrt{\frac{\epsilon_r}{\epsilon_r + 1}}$$

(2.1)

Dimana :

= Lebar *Patch* (mm)

= Kecepatan Cahaya dalam ruang bebas yaitu, (m/s)

= Frekuensi Kerja Antena (Hz)

= Konstanta Dielektrik substrat (F/m)

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

(2.2)

(2.4)

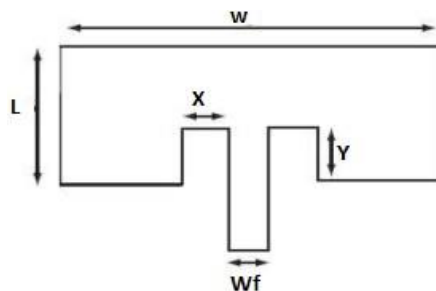
$$\sqrt{\frac{\epsilon_r}{\epsilon_r + 1}}$$

(2.5)

Dalam fokus meningkatkan *bandwidth*, *patch* rektanguler sederhana dapat meningkatkan *bandwidth* dengan beberapa teknik, salah satunya dengan menggunakan inset-fed pada sisi *patch*.

4. Antena Mikrostrip Patch Rektanguler dengan Inset-Fed

Perubahan nilai *L* pada *patch* akan mempengaruhi frekuensi resonansi, sedangkan perubahan nilai *Y* akan mempengaruhi impedansi. Tapi keduanya tidak selalu independen, jika salah satu berubah maka frekuensi resonansi dan impedansi dapat berubah.



Gambar 3 Layout Patch Rektanguler dengan Inset-Fed^[6]

5. Teknik Pencatutan *Microstrip Line*^[7]

Sebelum menentukan dimensi panjang saluran catutan, periksa terlebih dahulu karakteristik *microstrip line* pada perbandingan lebar saluran catutan terhadap tebal substrat, nilai dan yang dapat dirumuskan,

Untuk — :

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} - 1 \right) \quad (2.8)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \left[\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} - 1 \right] \quad (2.9)$$

Untuk :

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \left[\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} - 1 \right] \quad (2.10)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.11)$$

Lebar saluran catuan antenna dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

Dimana :

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \left[\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} - 1 \right] \quad (2.12)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.13)$$

Pada Tugas Akhir ini digunakan transformator sebagai teknik *matching impedance* pada saluran transmisi. Panjang saluran transformator didapatkan dengan persamaan berikut [9] :

$$\quad (2.16)$$

Dimana merupakan panjang gelombang dielektrik, didapat dari persamaan

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.17)$$

Pada antenna *array* dalam tugas akhir ini digunakan *T-Junction* sebagai rangkaian *divider* yang menghasilkan pembagian impedansi secara paralel. Untuk sebagai impedansi masukan terdistribusi dengan dua saluran keluaran yang masing-masing [10]. Sehingga besar impedansi masukan ekuivalensi dengan rangkaian paralel pada saluran keluaran.

6. Antena Patch U-Slot

Dalam *microstrip slot antenna* kopling diinduksikan secara induktif yang diberikan dari saluran catu ke slot. Semakin besar efek kopling yang terjadi akan menurunkan faktor kualitas rangkaian. Semakin menurunnya faktor kualitas rangkaian maka *bandwidth* akan semakin meningkat [11].

Persamaan yang digunakan untuk menentukan dimensi U-Slot adalah sebagai berikut [11] :

$$\text{a. Lebar Lengan Slot (E=F)} \quad (2.18)$$

$$\text{b. Panjang Slot (C)} \quad (2.19)$$

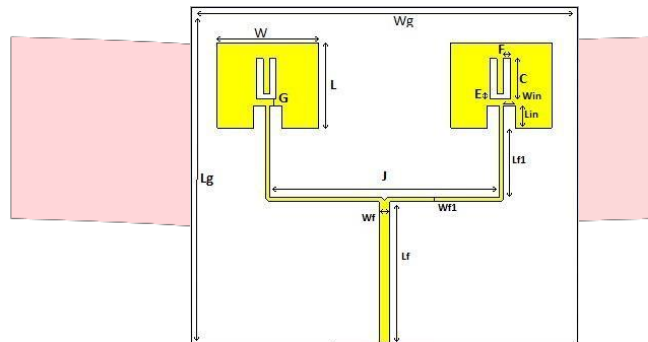
$$\text{c. Lebar Slot (D)} \quad (2.20)$$

7. Perancangan dan Simulasi

Pada proses perancangan, penulis terlebih dahulu menentukan spesifikasi umum antenna yang akan dibuat,

- Frekuensi kerja : 9,75 – 10,25 GHz
- Frekuensi Tengah : 10 GHz
- *Bandwidth* : 500 MHz
- Pola radiasi : *Unidirectional*
- Polarisasi : Linier
- VSWR : $\leq 1,5$
- *Return Loss* : < -10 dB

- Gain : ≥ 3 dBi[12]
 - Impedansi input : 50Ω
- Bahan dielektrik yang digunakan sebagai subtrat yaitu, FR4 dengan karakteristik sebagai berikut :
- Permittivitas relative, : 4,4
 - Ketebalan dielektrik, h : 1,6 mm
 - Ketebalan konduktor : 0,035 mm

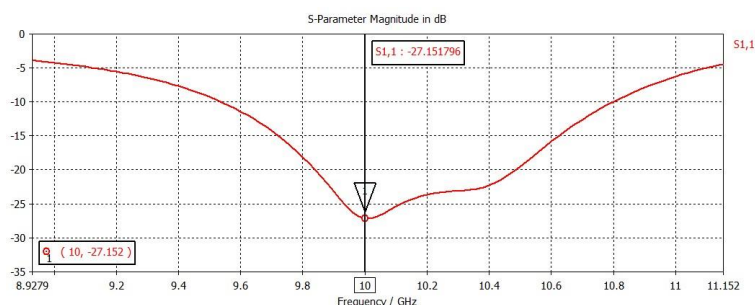


Gambar 4 Perancangan Antena Inset-Fed Array dengan U-Slot

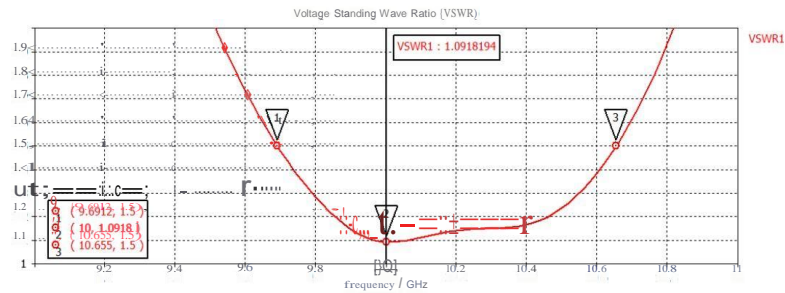
Tabel 2 Perancangan Ulang Dimensi Antena Inset-Fed Array dengan U-Slot

Parameter	Dimensi	Keterangan
J	16,65	Jarak Antar Patch
	7,2	Lebar Patch
	6,06	Panjang Patch
	1,6	Tebal Substrat
	0,035	Tebal Patch
	10,11	Panjang Catuan Utama
	0,6	Lebar Catuan Utama
	4,85	Panjang Catuan Pembagi
	0,3	Lebar Catuan Pembagi
	1,6	Panjang Inset- <i>Length</i> (Y)
	0,8	Lebar Inset- <i>Gap</i> (X)
	27,5	Panjang Substrat/ <i>Groundplane</i>
	24	Lebar Substrat/ <i>Groundplane</i>
F	0,5	Lebar Lengan Slot Horizontal
G	0,5	Jarak U-Slot ke Catuan
E	0,3	Lebar Lengan Slot Vertikal
C	3	Panjang Slot

7.1. VSWR dan Parameter S1,1



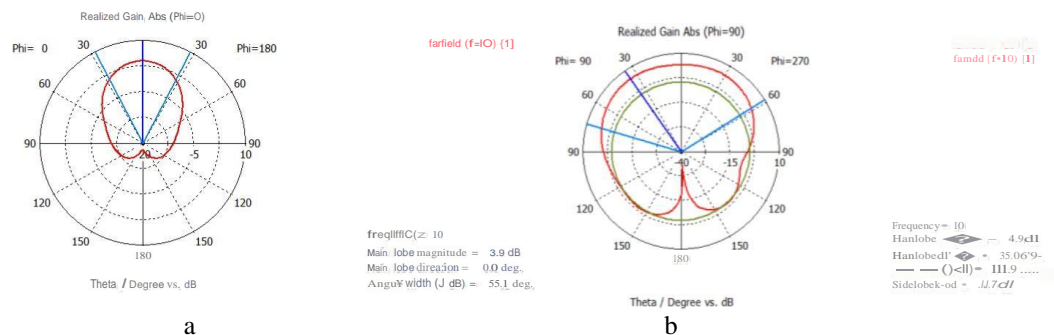
Gambar 5 Grafik Parameter S1,1 Inset-Fed Antena Array dengan U-Slot Hasil Optimalisasi



Gambar 6 VSWR Antena Inset-Fed Array dengan U-Slot Hasil Optimasi

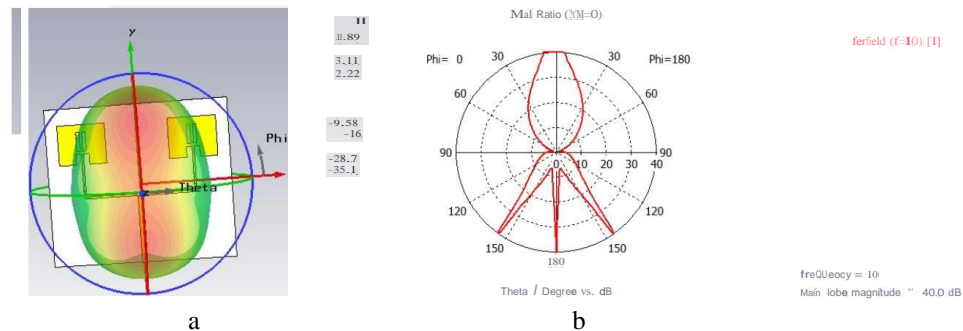
Nilai $S_{1,1}$ pada perancangan inset-fed antenna dengan u-slot setelah disusun menjadi -27,152 dB. Begitu juga dengan VSWR nilainya adalah 1,091. Sehingga, *bandwidth* pada antenna telah memenuhi spesifikasi yang diperlukan.

7.2. Pola Radiasi



Gambar 6 a) Pola Radiasi Inset-Fed Antena Array Dengan U-Slot Dalam $\phi=(0^\circ, 180^\circ)$, **b)** Pola Radiasi Inset-Fed Antena Array Dengan U-Slot Dalam $\phi=(90^\circ, 270^\circ)$

7.3. Penguatan (Gain) dan Polarisasi



Gambar 7 a) Gain Antena Array Dengan U-Slot, **b)** Polarisasi Antena Array

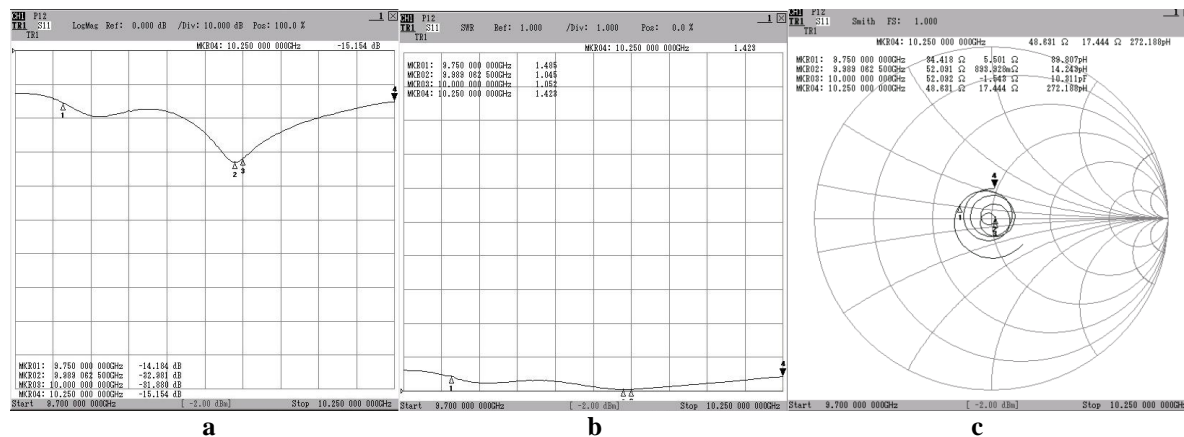
Nilai *axial ratio* pada antenna inset-fed array dengan u-slot berada pada nilai 40 dB. Nilai *axial ratio* pada Gambar 7 menunjukkan bahwa antenna memiliki polarisasi linier vertikal.

8. Pengukuran

8.1. Pengukuran VSWR, Return Loss, dan Impedansi

Tabel 3 Hasil Pengukuran VSWR, Return Loss, dan Impedansi

Frekuensi (GHz)	VSWR	Return Loss (dB)	Impedansi (Ω)	
			Riil	Imajiner
9,75	1,37	-16,07	34,41	5,501
10	1,09	-27,152	52,092	-1,543
10,25	1,14	-23,37	48,631	17,44



Gambar 10 Hasil Pengukuran a) *Return Loss*, b) *VSWR*, c) *Impedansi*

Perbedaan hasil pengukuran ini dapat diakibatkan beberapa hal seperti proses penyolderan, kondisi tempat pengukuran yang tidak ideal, serta ketidak presisian dimensi baut yang digunakan sebagai penyangga antenna.

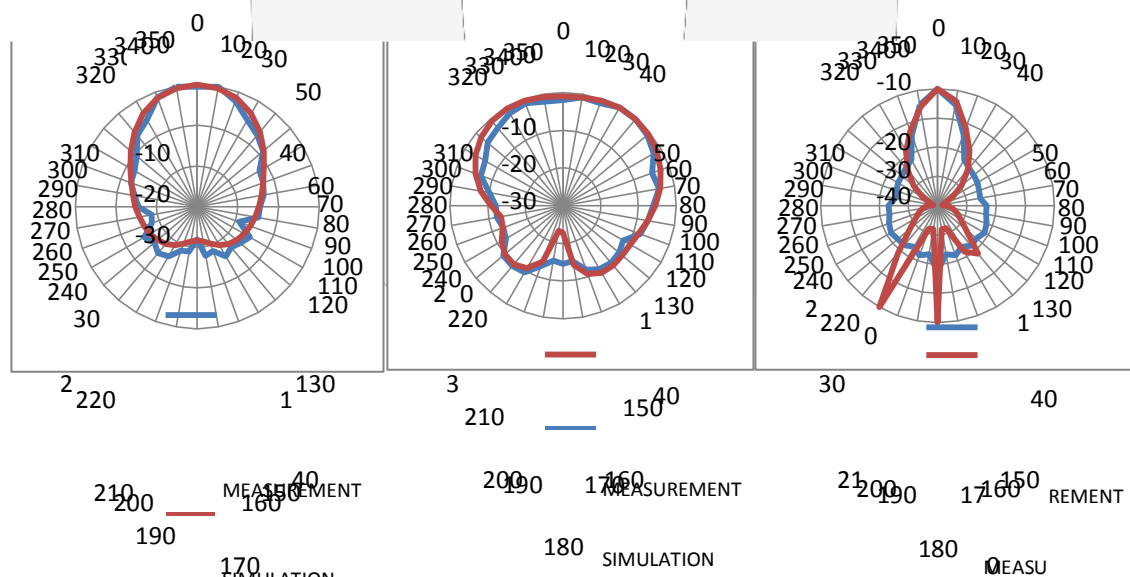
8.2. Pengukuran Pola Radiasi, Polarisasi, dan *Gain*.

Cara untuk memperoleh *gain* antenna adalah dengan membandingkan antara daya yang dipancarkan antenna Tx dengan daya yang diterima oleh antenna Rx kemudian hasil pengukuran dihitung dengan menggunakan persamaan,

$$G_{\text{AUT(dBi)}} = P_{\text{AUT(dBm)}} - P_{\text{REF(dBm)}} + 12 \text{ dBi}$$

Tabel 4 Hasil Pengukuran *Gain* Antena

No	$P_{\text{AUT (dBm)}}$	$P_{\text{REF (dBm)}}$
1	-30,72	-23,68
2	-30,62	-23,47
3	-30,59	-23,2
4	-30,22	-23,16
5	-30,17	-23,04
Rata-Rata	-30,46	-23,31
<i>Gain (dBi)</i>		4,84



8.3. Perbandingan Spesifikasi Awal, Simulasi dan Realisasi

Parameter	Spesifikasi Awal	Simulasi	Realisasi
Frekuensi Kerja (GHz)	9,75 – 10,25	9,75 – 10,25	9,75 – 10,25
Frekuensi Tengah (GHz)	10	10	9,9
VSWR	< 1,5	1,09	1,026
Bandwidth (MHz)	500	500	500

Tabel 5 Perbandingan Spesifikasi Awal, Simulasi, dan Realisasi

Impedansi (Ω)	50	$47,37 + j1,98$	$52,092 - j1,543$
Gain (dBi)	≥ 3	4,89	4,84
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>
Polarisasi	Linier	Linier	Linier

9. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi yang tidak jauh berbeda dengan yang diharapkan, dapat disimpulkan parameter antenna seperti VSWR, *return loss*, *bandwidth* sudah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk komunikasi *Wireless Personal Area Network* (WPAN). Teknik perancangan inset-fed pada *patch* telah menghasilkan *return loss* dan VSWR yang baik dengan menganalisis hasil simulasi berdasarkan perubahan panjang *patch* dan dimensi inset-fed. Teknik perancangan u-slot pada *patch array* dapat menghasilkan *bandwidth* yang lebar sehingga didapat *bandwidth* sesuai spesifikasi yaitu 500 MHz. Pola radiasi yang dihasilkan antenna pada simulasi dan realisasi adalah unidireksional. Sedangkan polarisasi yang dihasilkan antenna adalah linier mendekati elips. *Gain* antenna yang dihasilkan pada simulasi lebih besar 0,05 dB jika dibandingkan dengan hasil simulasi dan sudah memenuhi spesifikasi yang diharapkan yaitu 4,84 dB.

Perancangan antenna dengan modulator secara terintegrasi dapat mengembangkan tugas akhir ini pada aplikasi *radio over fiber* [13][14][15].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nofianti, Dwi. "SIMULASI KINERJA WPAN 802.15.4 (ZIGBEE) DENGAN ALGORITMA ROUTING AODV dan DSR. Thesis Magister FT UNDIP, Semarang.
- [2] D.Opatie. *Radio over Fiber Technology for Wireless Access*. Ericsson Nikola Tesla d.d.
- [3] Daud, Pamungkas. Pengembangan Konverter dari Gelombang Mikro Nirkabel ke Cahaya Menggunakan Antena dan Modulator Optik untuk Aplikasi Telekomunikasi dan Pengukuran, 2014.
- [4] Chen, Zhi Ning., Luk Kwai-Man, *Antennas for Base Stations in Wireless Communications*, Mc Graw Hill Book Company, 1988.
- [5] Nugraha, Rawan. (2013). Perancangan dan Realisasi Rectenna (Rectifier Antena) untuk Frekuensi 900 MHz – 5 GHz Sebagai Sumber Daya Alternatif untuk Mengisi Baterai Handphone.
- [6] Samarthay, Vinayak., Pundir, Swarna., Lal, Bansi. Designing and Optimization of Inset Fed Rectangular Microstrip Patch Antenna (RMPA) for Varying Inset Gap and Inset Length. (2014) ^{1,3} Deenbandhu Chhotu Ram University of Science and Technology, ² Rajasthan Technical University
- [7] Ramadhita, Suci. Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Persegi dengan Substrat Alumina pada frekuensi 3,3-3,4 GHz untuk Aplikasi WiMAX. (Tugas Akhir). Institut Teknologi Telkom.
- [8] Ramadhan, M. Faizal. Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Array Patch Segitiga Sama Sisi untuk S-Band Transmitter Satelit Mikro. (Tugas Akhir). Universitas Telkom.
- [9] Cahyo, Rahmat Dwi., Christiyono, Yuli., Santoso, Imam. Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip Array dengan Frekuensi 850 MHz untuk Aplikasi Praktikum Antena. (Tugas Akhir). Universitas Diponegoro.
- [10] Kai, Chang, dkk. 2002. *RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless System*. New York : John Wiley and Son.
- [11] Yulianthy, Dessy Rathry. Perancangan dan Implementasi Antena Mikrostrip Patch Rectangular Metode Array dengan U-Slot Pada Frekuensi 2,6-2,7 GHz untuk Aplikasi LTE. (Tugas Akhir). Universitas Langangbuana.
- [12] Batara, Ramsel. Perancangan dan Realisasi Antena Two Arm Square Spiral Ultra-Wideband Pada Frekuensi 2-10 GHz. (Tugas Akhir). Institut Teknologi Telkom.
- [13] H. Murata, N. Kohmu, Y. N. Wijayanto, Y. Okamura, "Integration of Patch Antenna on Optical Modulators," IEEE Photonics Society News, vol. 28, no. 2, April 2014.
- [14] Y. N. Wijayanto, H. Murata, and Y. Okamura, "Electro-Optic Wireless Millimeter-Wave-Lightwave Signal Converters Using Planar Yagi-Uda Array Antennas Coupled to Resonant Electrodes," in 17-th Opto-Electronic Communications Conference, 5E1-2, Busan – Korea, 2-6 July 2012.
- [15] Y. N. Wijayanto, H. Murata, and Y. Okamura, "Electro-Optic Microwave-Lightwave Converters Utilizing a Quasi-Phase-Matching Array of Patch Antennas with a Gap," Electronics Letters, vol. 48, no. 1, pp. 36-38, January 2012.